

UNIVERSIDAD TECNICA FEDERICO SANTA MARIA

SEDE CONCEPCION – REY BALDUINO DE BELGICA

Estudio de redes industriales y equipos para la detección de fallas.

**Trabajo de Titulación para optar al
título de Técnico Universitario en
Automatización y Control**

Alumnos:

Matías Ignacio Mora Duran

Nicolas Francisco Cruces Chamblas

Profesor Guía:

Iván Acencio Barrientos

Resumen

En este trabajo de título se evaluarán distintos tipos de calibradores de buses de campo y se elegirán dos para el taller de automatización y control de la Universidad Técnica Federico Santa María Sede Concepción, estos deberán cumplir con las especificaciones que requieren los equipos que ya se encuentran en el taller, esto beneficiara al estudiantado ya que con los dispositivos aprenderán a calibrar un bus de campo, así las comunicaciones entre dispositivos serán lo más correcta posibles, un factor importante en la industria para obtener datos correctos y tomar buenas decisiones respecto a un proceso industrial.

Índice

Contenido

Introducción	1
Terminología	2
Capítulo I: Propuestas	3
Propuesta	4
Objetivo General	4
Objetivos Específicos	4
Alcance	4
Capítulo II: Marco teórico	5
Protocolo de Comunicación	6
Jerarquía de Red	7
Pirámide CIM	7
Modelo OSI	8
Capas del modelo OSI	9
Buses de Campo	10
Calibradores de Lazos	10
Protocolo de Comunicación Hart	11
Historia	11
Características	12
Funcionamiento	13
Protocolo de comunicación Profibus PA	14
Historia	14
Razones para utilizar Profibus PA:	15
Capitulo III: Requerimientos y propuesta de equipos	16
Requerimientos:	17
Equipos Protocolo HART y Profibus PA	18
1.- Calibrador y documentador de procesos Fluke 754 con soporte HART	18
2.- HT824 - Calibrador de procesos HANTEK	21
.....	25
3.- Emerson Field Comunnicater 475	26
4.- AMS Trex Device Communicator	28
5.-Beamex MC6	30
Capitulo IV: Conclusión y Bibliografía	33
Conclusión	34
Bibliografía	35

Índice de Imágenes.

Figura II.1: Piramide CIM..... 7

Figura II.2: Capas Del Modelo OSI..... 8

Figura II.3: Calibrador de Lazo Conectado a un Transmisor 10

Figura II.4: Field Comm Group..... 11

Figura II.5: Señal del Protocolo HART 13

Figura II.6: 1Profibus DP 14

Figura II.7: 2Profibus PA 15

Figura III.1: Fluke 754..... 18

Figura III.2: Conexión Fluke RTD..... 19

Figura III.4: Conexión Fluke 4 a 20 mA 20

Figura III.3: Conexión Fluke Presion HART 20

Figura III.5: Hantek HT824..... 21

Figura III.6: Conexionado Hantek HT824 25

Figura III.7: Field Comunnicater 475..... 26

Figura III.8: Conexionado Field Comunnicater 475 27

Figura III.9: AMS Trex Device Communicator 28

Figura III.10: Conexionado AMS Trex Device Communicator 29

Figura III.11: Beamex MC6 30

Figura III.12: Conexionado Beamex MC6..... 32

Introducción

Este trabajo se orienta en la selección y propuesta para la adquisición de un calibrador de lazo que cumpla con los requisitos necesarios para ser usado con los equipos presentes en la carrera, para lo cual se levantó información sobre los protocolos a utilizar, para de esta forma comenzar con la selección del equipo que reúna estas características.

Los datos y la confiabilidad de un equipo o instrumento crucial para la toma de decisiones en un proceso industrial, por esto existen diversos dispositivos llamados calibradores de lazo, los cuales nos ayudaran a corregir errores que pueden presentarse a nivel de campo en un proceso industrial. Estos calibradores de lazo serán elegidos para el taller de Automatización y Control de la universidad Federico Santa María Sede Concepción, siendo elegidos por ciertas características y pudiendo trabajar uno en el protocolo de comunicación HART y otro para Profibus PA.

El escrito está dividido en cuatro capítulos, siendo en capítulo 1 en donde se describen aspectos generales de la propuesta, en donde se definen objetivo general y específicos como también el alcance basados en la problemática.

En el capítulo segundo se da a conocer todos los antecedentes teóricos sobre las características de los protocolos. Con todo esto se determinó los aspectos y características que debe tener el equipo a seleccionar para esta propuesta.

En el capítulo tercero se realiza la selección de los equipos, analizando componentes con sus respectivas características. Todo esto acompañado de la valorización de cada equipo estudiado.

Finalmente, la conclusiones y recomendaciones nacidas de la elaboración de este proyecto son el contenido del capítulo cuatro.

Terminología

Falla: Cuando un medio productivo cesa de realizar una o más de sus funciones, mucho antes del fin de su vida útil, se dice que ha fallado. Estas fallas pueden causar pérdidas, paradas imprevistas de planta, incrementos de los costos de mantenimiento y reparación.

Protocolo: sistema de reglas que permiten que dos o más entidades de un sistema de comunicación se comuniquen entre ellas para transmitir información por medio de cualquier tipo de variación de una magnitud física.

Enlace: unión o conexión entre dos o más objetos o sujetos.

Dispositivos de Campo: Equipos como sensores, transmisores, etc. Que están directamente involucrados en el proceso con la materia prima.

Transmisor: instrumentos que captan la variable de proceso y la transmiten a distancia a un instrumento receptor, indicador, registrador, controlador o combinación de estos.

Error: Cualquier medición de una magnitud difiere respecto al valor real.

HandHeld: Viene del Anglosajismo que significa que es manipulable con una mano o es accesible para ser utilizado de forma con la mano. También indica que su tamaño no es grande, sino “manipulable”.

Capítulo I: Propuestas

Propuesta

Para el taller de automatización de la universidad Técnica Federico Santa María Sede Concepción se estudiarán distintos calibradores de lazos para detección de falla y compatibilidad con los protocolos de comunicación disponibles en el taller.

Objetivo General

Estudio de calibradores Handheld de lazo para la mantención de buses de campo que cumpla con las necesidades de detección de falla compatible, con protocolos de comunicación HART y Profibus PA presentes en el nuevo equipamiento del taller.

Objetivos Específicos

- 1-** Levantamiento de información sobre los calibradores de lazo que cumplan con las necesidades para el nuevo equipo del taller
- 2-** Evaluación de las características técnicas de los equipos seleccionados
- 3-** Selección comparativa entre los equipos estudiados
- 4-** Estudio de los protocolos de comunicación utilizados por el calibrador seleccionado, conexiones y características

Alcance

Proponer un equipo compatible con los protocolos del taller además de recopilar la información para los estudiantes de la carrera técnico universitario en automatización y control de procesos industriales

Capítulo II: Marco teórico

Protocolo de Comunicación

En primer lugar, para llevar a cabo el desarrollo de este trabajo debemos definir de forma clara cuales son los protocolos de comunicación disponibles en el taller de automatización y Control de la universidad técnica Federico Santa María Sede Concepción, estos protocolos de comunicación son un elemento clave para limitar la cantidad de dispositivos a elegir por medio de sus características técnicas. Pero ¿Qué es un protocolo de comunicación?

En el ámbito industrial un protocolo de comunicación es el enlace que se usa para comunicar distintas etapas en un proceso industrial, ya que en la mayoría de las industrias las etapas del proceso están conformadas por islas independientes que no se comunican entre sí, generar estos “enlaces” aporta en la recolección de información para una mejor toma de decisiones, influyendo positivamente en la producción aumentando su rendimiento o su posible rediseño.

Las ventajas de tener todos nuestros equipos involucrados en el proceso Comunicados tales como; Actuadores, sensores, Plc's, etc. Al implementar una red industrial son:

- Adquirir datos de manera instantánea para una mejor toma de decisiones
- Posibilidad de visualización y supervisión del proceso
- Mejorar el rendimiento del proceso
- programación y supervisión a distancia

Jerarquía de Red

En una red industrial existen distintos niveles, separando y categorizando los equipos y componentes que están involucrados en el proceso:

Pirámide CIM

Figura II.1: Pirámide CIM



Fuente: netcloudengineering. (s.f.). netcloudengineering. Obtenido de <https://netcloudengineering.com/piramide-cim-comunicacion-industrial/>

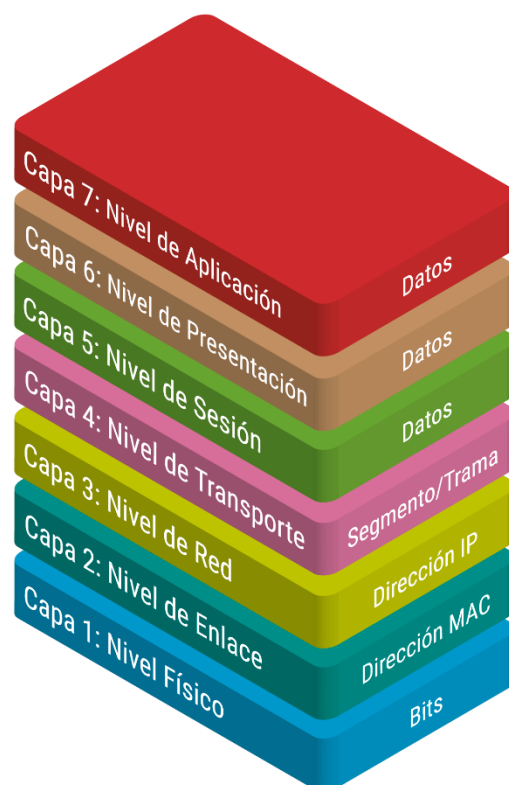
El enfoque de este documento será a nivel de campo, ya que los equipos que estarán sometidos a estudio serán calibradores Handheld, ósea calibradores de buses de campo para dispositivos tales como un transmisor de presión para ejemplificar, los cuales están directamente en el proceso.

Modelo OSI

El modelo OSI o modelo de Interconexión de Sistemas Abiertos es un protocolo estandarizado que permite que distintos dispositivos se comuniquen entre sí, se entiende como un lenguaje universal para la interconexión.

Este sistema consiste en dividir el sistema de comunicación en 7 niveles, así cada capa controla una tarea específica e inmediatamente se comunica con la capa superior o inferior, separando todo en capas ayuda a la reparación e invocación de un error en específico, así al solucionar un problema el trabajo de descubrir donde está la falla se agiliza.

Figura II.2: Capas Del Modelo OSI



Fuente: MARTÍNEZ, J. L. (15 de 11 de 2018). prored. Obtenido de <https://www.prored.es/el-modelo-osi/>

Capas del modelo OSI

1- Capa Física.

Esta Capa incluye las conexiones físicas como los cables, también es en esta capa donde se hace la conversión análoga-digital y viceversa, cabe destacar que en ambos dispositivos que se conectan deben tener su sistema para convertir de la señal analógica a una secuencia de bits (análoga).

2- Capa de Enlace de Datos.

Facilita la transferencia de datos entre dos dispositivos ubicados en una misma red, esto mediante dividir los paquetes de datos en paquetes más pequeños llamados Trama, controla el flujo y los errores respecto a la comunicación en esa red.

3- Capa de Red.

Esta capa posibilita la transferencia de datos entre 2 redes diferentes, al fragmentar los datos del emisor en paquetes pequeños y rearma estos paquetes en el dispositivo receptor, también es la responsable de enrutar los datos, ósea buscar el camino físico para que la información llegue al dispositivo receptor.

4- Capa de Transporte.

Es la responsable de crear con los datos ya rearmados en el receptor construir datos para que la capa de sesión pueda consumir, además controla el flujo de los datos en el transporte, el control de flujo determina la velocidad optima, esto para evitar que una persona con una velocidad alta no confunda el transporte a una persona con velocidad más baja.

5- Capa de Sesión.

Esta capa cierra y abre las comunicaciones entre 2 dispositivos, ósea abre la sesión la cantidad necesaria de tiempo para que lleguen todos los datos, esto se utiliza para evitar el desgaste de tiempo

6- Presentación.

Traduce una cadena de caracteres para como su propio nombre lo indica presentar la información al receptor de una manera que sea entendible, esta capa trabaja el contenido útil para poder verlo y entenderlo.

7- Aplicación

Esta capa permite a los usuarios ejecutar acciones y comandos en las aplicaciones, un ejemplo de esto es presionar el botón de enviar un correo electrónico, ya que este es el detonante que envía la información o datos por la red mediante un código, presentado de forma entendible y grafica como un botón por la capa de presentación.

Buses de Campo

Los Buses de campo según la ISA-I son estos medios o enlaces en serie o digital que conectan los dispositivos de campo ósea los directos en el proceso con los de más alto nivel como los administrativos o cualquier otro para la transferencia de datos

Calibradores de Lazos

Los calibradores de lazos son instrumentos portátiles que sirven para verificar si las señales emitidas generalmente por los transmisores entregan la medición correcta. Estos están creados para solucionar problemas de corriente en un lazo de 4-20mA. Además, pueden generar corriente hacia el transmisor simulando la operación de este en un efecto llamado Loop Powered 4-20mA

Loop Powered o 2 Wire es la forma de conectar un instrumento de medición como el calibrador de lazo con el dispositivo transmisor, esto significa que tanto el transmisor como el calibrador estarán usando la misma fuente de alimentación, así al subir la corriente en el calibrador, censara la misma corriente el dispositivo transmisor. Usando 2 Cables

Al tener un sensor de temperatura, su respectivo transmisor y un controlador podemos con la batería integrada en el calibrador de lazo setear que al tener la temperatura mínima el transmisor envíe 4 mA y al tener la temperatura máxima se envíen hacia el controlador 20 mA, con un calibrador de lazo podemos ver el error de medición del transmisor y corregirlo, usando la propia fuente de alimentación del calibrador y convirtiendo la corriente en un valor conocido. Toda la información se puede ver reflejada en la pantalla del transmisor (si es que la tuviese) y en la del calibrador de lazo.

Figura II.3: Calibrador de Lazo Conectado a un Transmisor



Fuente: TecnoControl. (s.f.). Calibradores de Lazo de Corriente.
Obtenido de TecnoControl:
<http://www.tecnocontrol.cl/product/calibradores-de-lazo-de-corriente/>

Protocolo de Comunicación Hart

Historia

El protocolo Hart (Highway Addressable Remote Transducer) fue creado a fines de la década de los 80`s por Rosemount Inc. Desde 1993 sus derechos fueron liberados y este se convirtió en un protocolo de comunicación de uso abierto y gratuito para cualquier fabricante que desee implementarlo como sistema de control para sus equipos.

A partir de la liberación del protocolo se creó la HART Communication Foundation, una fundación sin fines de lucro entre las empresas que adaptaron este protocolo, con el fin de proveer a la industria un soporte para la aplicación de esta tecnología. Esta fundación es la que se encargó de manejar los estándares del protocolo y la propiedad intelectual del mismo.

El 1 de enero de 2015 FieldComm Group comenzó sus operaciones combinando a las antiguas Fieldbus Foundation y HART Communication Foundation.

FieldComm Group es una organización sin fines de lucro con estándares globales que considera la experiencia de sus usuarios como; fabricantes, universidades y organizaciones investigadoras que trabajan en conjunto para dirigir el desarrollo, incorporación e implementación de tecnologías de comunicación para las industrias de procesos.

En la actualidad FieldComm Group continúa manejando los estándares del protocolo HART y promueve el uso de este con cursos de formación y certificaciones sobre el uso del protocolo HART.

Por otra parte, los mayores proveedores de instrumentación promueven este protocolo, contando con una variada gama de instrumentos para la medición y control de este.

Figura II.4: Field Comm Group



Fuente: Field Comm Group. (s.f.). Field Comm Group. Obtenido de <https://www.fieldcommgroup.org>

Características

- **Tipo de Transmisión de Datos:** Frequency Shift Keying (FSK) de acuerdo con la norma de Bell 202, relacionada con la velocidad de transferencia y con la frecuencia para los bits de información 1 y 0.
- **Velocidad de transferencia de datos:** 1200 [b/s]
- **Frecuencia información bit '0':** 2200 [Hz]
- **Frecuencia información bit '1':** 1200 [Hz]
- **Estructura de la Señal:** 1 bit de inicio, 8 bits de datos, 1 bit para paridad impar, 1 bit de parada
- **Velocidad de Transferencia para Variables Simples:** 2 [s] aprox. para interrogación / respuesta, 3 [s] aproximadamente para modo broadcast opcional.
- **Número máximo de Unidades en modo bus:** Con una fuente de alimentación central, quince unidades
- **Especificación de Variables Múltiples:** Número máximo de variables por unidad de campo, 256. Número máximo de variables por mensaje, 4
- **Número máximo de Sistemas Maestros:** 2
- **Integridad de los Datos:**

Capa Física: La proporción del error del circuito de destino, $1/10^5$ bits.

Capa de Enlace: Reconoce, todos los grupos de hasta tres bits corruptos y prácticamente todos los grupos más largos y múltiples.

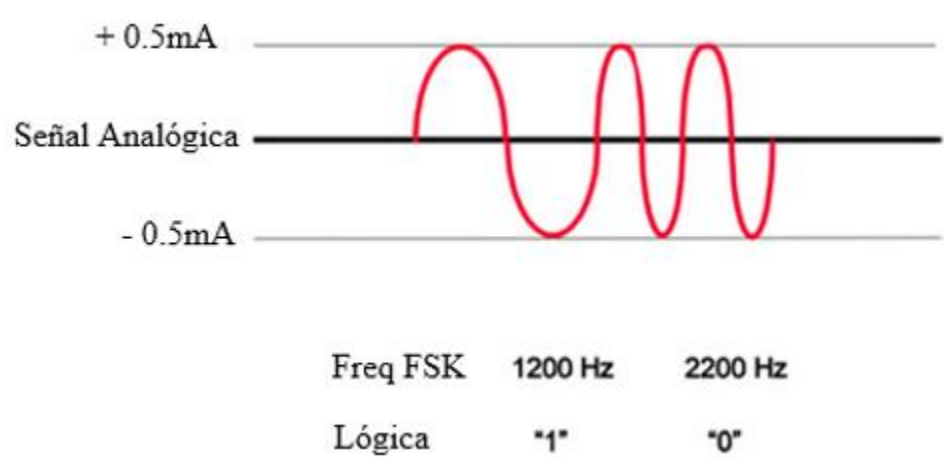
Capa de Aplicación: Transmisión Estado de Comunicación en una respuesta de mensaje.

Funcionamiento

El protocolo de comunicación HART funciona de manera simultánea al estándar de comunicación analógica de 4-20 [mA], donde 4 [mA] significa 0% o el valor mínimo dentro de un proceso y 20 [mA] el 100% o el máximo de este proceso, esto es lo que hizo al protocolo tan atractivo para la industria y quedo demostrado al volverse un estándar de comunicación dentro de la industria, ya que este protocolo trabaja sobre los mismos 2 cables que utiliza 4-20 [mA].

Hart utiliza una norma de comunicación telefónica, la norma Bell 202 Frequency Shift Keying (FSK) donde la señal digital está compuesta por una senoidal de dos frecuencias, 1200[Hz] y 2200[Hz] que representan bits de 1 y 0 respectivamente y debido a que el valor promedio de la señal FSK es siempre 0, el valor medio de la señal analógica de 4-20 mA permanece intacto como podemos ver en la siguiente imagen.

Figura II.5: Señal del Protocolo HART



Fuente: López. G., F. A., & Zurita. R, R. .. (2016). Protocolo de comunicación Hart. Obtenido de Universidad de Carabobo: <https://instrumentacionuc.wixsite.com/facultad-ingenieria/copia-de-p-comunicacion>

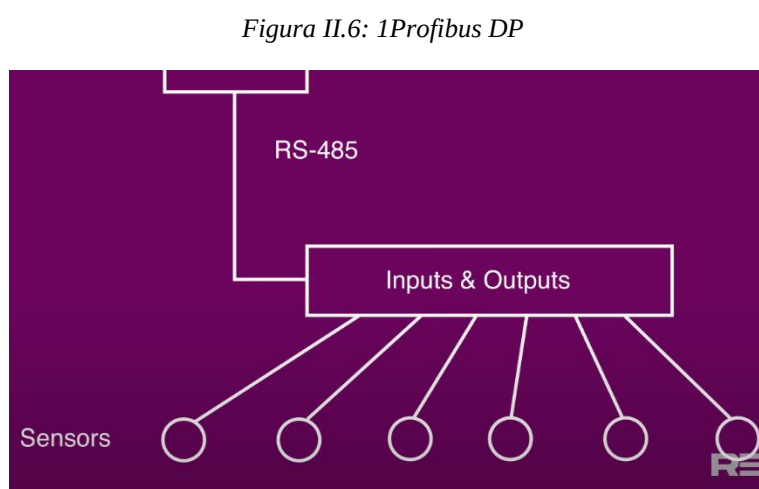
Esto facilita la comunicación bidireccional y hace posible tener información adicional más allá de las variables del proceso normal para ser comunicados desde y hacia los instrumentos de campo inteligente. HART se comunica a una velocidad de 1200[b/s] sin interrumpir las señales 4-20 [mA] y permite una aplicación central (maestro) para conseguir dos o más actualizaciones digitales por segundo de un dispositivo de campo.

En relación con el modelo OSI el protocolo HART se relaciona a 5 de sus 7 capas, las cuales son la capa física permite superponer la comunicación digital sobre la señal analógica de 4 a 20mA sin que esta se vea afectada. La capa de enlace define el protocolo maestro esclavo. La capa de red al agrupar los bits en paquetes. La capa de transporte al rearmar los datos y entregarlos al receptor(maestro) y la capa de aplicación que permite el acceso y la relacione entre las otras capas.

Protocolo de comunicación Profibus PA

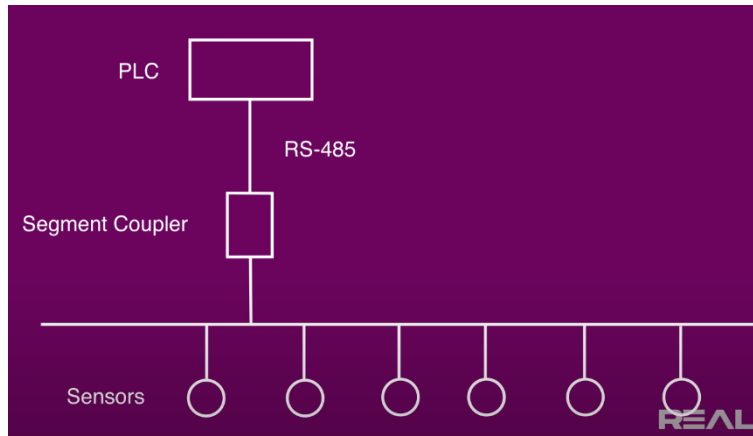
Historia

Profibus PA nace en 1996 como una optimización a Profibus DP al eliminar el dispositivo de entradas y salidas descentralizado y los cables que iban a cada sensor conectado a este, este se remplazó con un acoplador de segmento y un solo cable Profibus PA, con esta nueva configuración en lugar de conectar los sensores al dispositivo de entradas y salidas uno por uno, puedes conectar todos los dispositivos a un solo bus Profibus PA, este bus se conecta al acoplador de segmento para transformar la señal Profibus PA a una Profibus DP. Esto genera una estructura de red más económica y eficiente.



Fuente: RealPars. (13 de Enero de 2020). What is Profibus PA and How Does it Differ from Profibus DP? Obtenido de RealPars: https://www.youtube.com/watch?v=OZPLOMj_M6U

Figura II.7: 2Profibus PA



Fuente: RealPars. (13 de Enero de 2020). What is Profibus PA and How Does it Differ from Profibus DP? Obtenido de RealPars: https://www.youtube.com/watch?v=OZPLOMj_M6U

Profibus PA permite el mantenimiento y la conexión / desconexión de los dispositivos en pleno funcionamiento, sin que esto afecte a otras estaciones incluso en áreas potencialmente explosivas.

Razones para utilizar Profibus PA:

- La única función principal para la automatización de procesos es la intercambiabilidad de los dispositivos de campo de diferentes proveedores.
- Aumentar y disminuir el número de estaciones conectadas al bus, de igual manera en áreas intrínsecamente seguras sin que afecte a otras estaciones.
- Comunicación transparente vía segmentos acoplados, entre el bus de segmentos de automatización de procesos Profibus PA y el bus de segmentos de automatización de fábrica Profibus DP.
- Impulsar la transmisión remota de datos por sobre la de dos alambres iguales basada en tecnología IEC 1158-2.
- Usar en áreas potencialmente explosivas protección de tipo "seguridad intrínseca" o "sin seguridad intrínseca".

Capitulo III: Requerimientos y propuesta de equipos

Requerimientos:

Para la selección de los equipos se evaluarán diferentes características en estos como: precio, durabilidad, resistencia ambiental, uso de unidades internacionales y soporte técnico.

- **Precio**

Se privilegia el que ofrezca mejores prestaciones a un mejor precio

- **Durabilidad**

Esta podría ser si es que no lo es la característica más importante para evaluar, ya que el uso que se le dará al instrumento será dentro de un laboratorio para enseñar y bajo el uso de estudiantes, el equipo tendrá un uso diferente al que se le podría dar en la industria, en esta tendría un uso regulado o en ocasiones de emergencia las cuales no pasarían de las 2 veces a la semana, en clases tendrá un uso prolongado durante el día y casi toda la semana.

- **Resistencia ambiental**

La resistencia ambiental no es una característica crítica a evaluar, ya que el instrumento se usará en un ambiente controlado y libre de condiciones perjudiciales para el estado de este como polvo, humedad y calor.

- **Unidades de medida:**

Si bien las unidades de medida no son un factor determinante sería muy favorable que el equipo trabaje con unidades de medida del sistema internacional o bien pueda hacer transformaciones a las diferentes unidades de medida disponibles para una misma variable.

- **Soporte Técnico:**

Es una característica crucial ya que este equipo deberá mostrar de la forma más actual cómo funcionan los equipos modernos sin quedar obsoleto en los próximos años.

Equipos Protocolo HART y Profibus PA

1.- Calibrador y documentador de procesos Fluke 754 con soporte HART

Figura III.1: Fluke 754



Fuente: <https://www.fluke.com/es-cl/producto/herramientas-de-calibracion/calibradores-multifuncion/fluke-754>

Precio: 6.400.000 CLP Variable

Durabilidad: Confíe en el resistente diseño de Fluke para obtener exactitud y confiabilidad de alto nivel en los entornos de trabajo más exigentes. La carcasa reforzada de uretano es idónea para las condiciones extremas de los entornos industriales.

Resistencia Ambiental:

La temperatura de funcionamiento debe ser entre -10 °C y +50 °C

La temperatura de almacenamiento debe ser entre -20 y +60 °C

Resistencia al polvo y al agua. Cumple norma IP52, IEC 529

Altitud de trabajo 3000 m sobre el nivel del mar (9842 ft)

Unidades de medida: Le permite asignar una unidad a otra, como mV a °C o °F. Le permite usar la serie Fluke 750 con accesorios de salida de milivoltios como la sonda de temperatura Fluke 80T-IR y documentar las pruebas usando unidades no soportadas como partes por millón o revoluciones por minuto.

Una familia de 29 módulos de presión opcionales proporciona capacidades de medición y calibración de presión. Hay 28 módulos disponibles, con especificaciones de exactitud básica del 0.05 %. Los rangos empiezan en 0 – 1 inH₂O (0 – .25 kPa) y llegan hasta 0 – 10,000 psi (0 – 70,000 kPa). Puede obtener información adicional acerca de los módulos de presión en la página dedicada a estos módulos.

Soporte Técnico: Cuenta con un soporte técnico completo para diferentes inconvenientes que puedan surgir como: Avería, des calibración o desconfiguración del equipo.

Además de contar con un servicio de consultas sobre garantía.

Conexiones:

Figura III.2: Conexión Fluke RTD

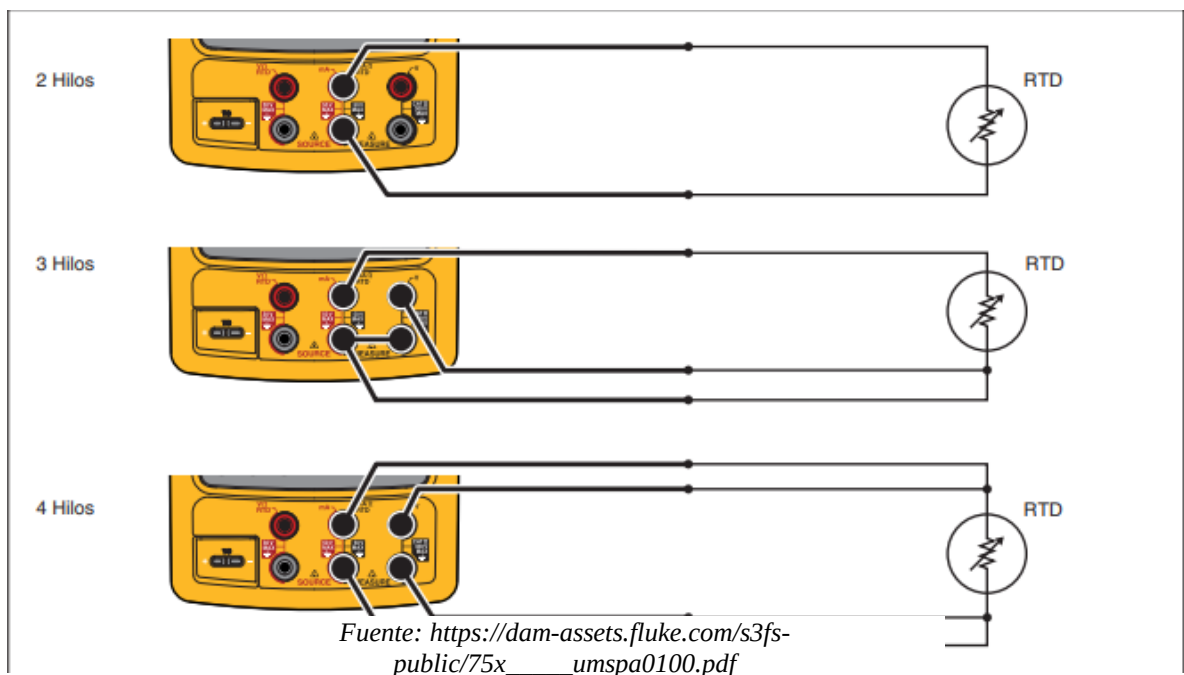
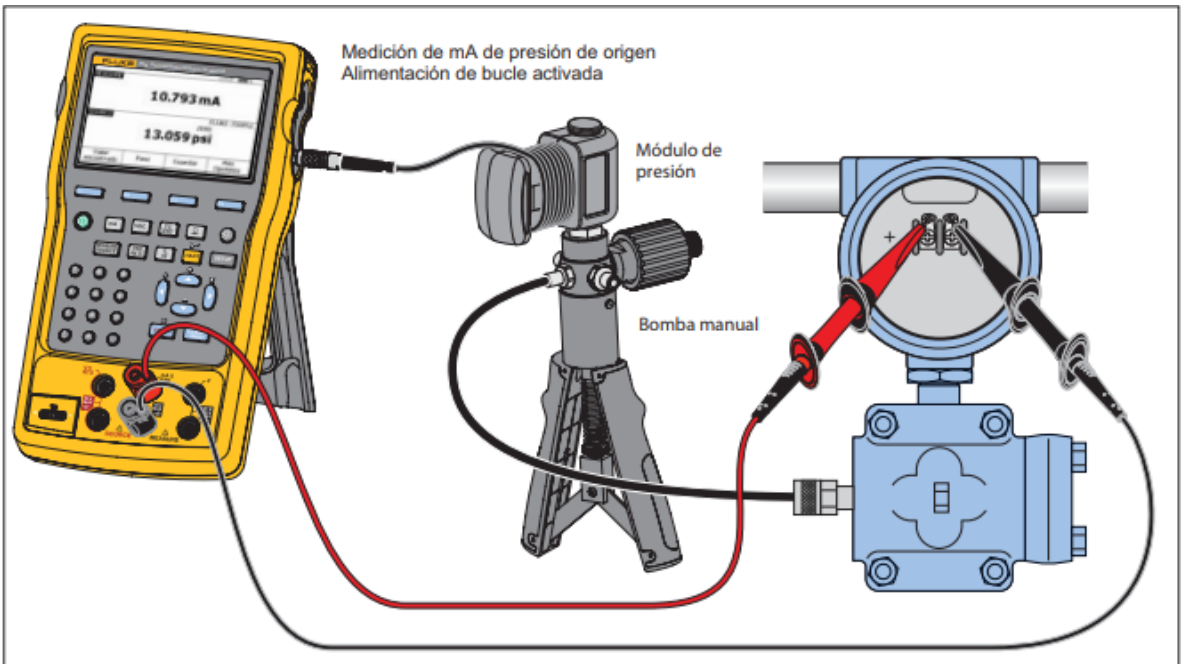
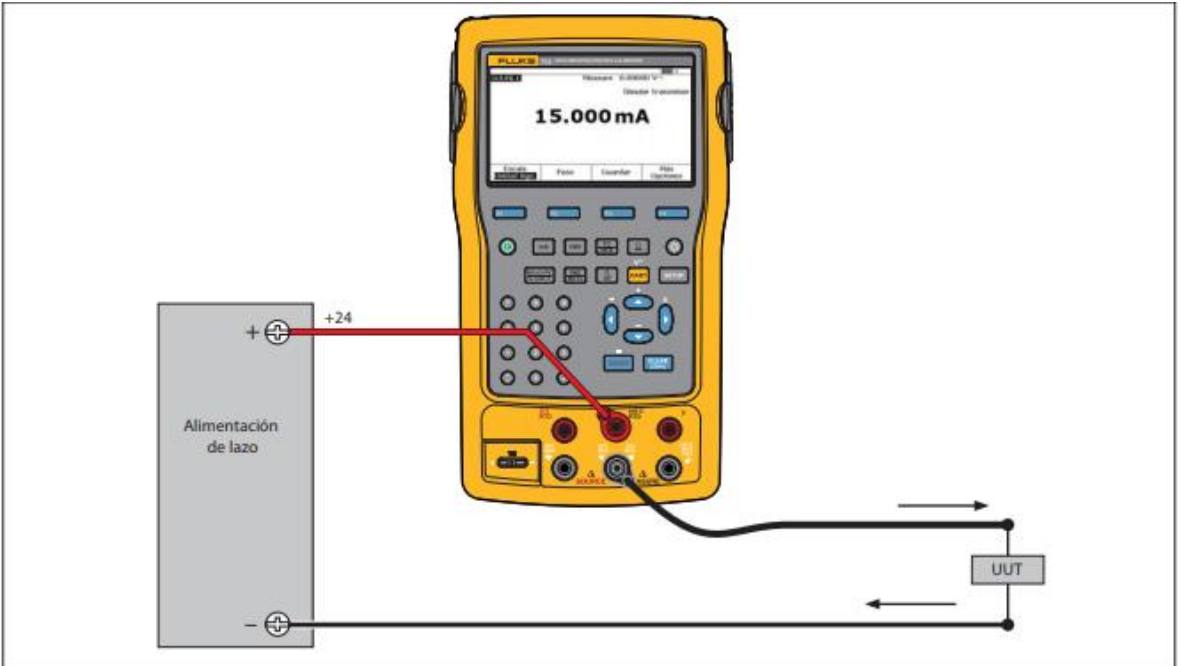


Figura III.3: Conexión Fluke Presion HART



Fuente: https://dam-assets.fluke.com/s3fs-public/75x____umspa0100.pdf

Figura III.4: Conexión Fluke 4 a 20 mA



Fuente: https://dam-assets.fluke.com/s3fs-public/75x____umspa0100.pdf

2.- HT824 - Calibrador de procesos HANTEK

Figura III.5: Hantek HT824



Fuente: <https://www.tienda.hantek.es/calibradores-de-proceso/74-hantek-ht824-calibrador-de-procesos.html>

Precio: 1.300.000 CLP

Descripción: Dispositivo capaz de simular y medir en diferentes magnitudes, presión, temperatura, termopares, etc. Tiene una configuración accesible a Hart. Multipropósito ya que cuenta con variadas funciones que lo hacen muy completo para calibración en laboratorio.

Utilidad o aplicación: Este calibrador se utiliza principalmente en la mantención de sistemas de procesos, mantenimiento de instrumentación industrial y dispositivos de control en laboratorios.

Resistencia Ambiental:

Tablas de Información técnica

Temperatura de funcionamiento	°C 0 a °C 50
Temperatura de almacenamiento	-20°C a 70°C
Altura de la operación	Elevación media 3000 metros más abajo.
Humedad relativa (Sin condensación humedad)	75% (30°C a 40°C)
	45% (40°C a 50°C)
	35% (50°C a 55°C)
	<10°C, sin control

relativa del trabajo %)	
estabilidad	Fuera del rango 23±5°C, cada aumento de grado ±0.005% del rango.
vibración	La vibración aleatoria,2g,5 a 500Hz
seguridad	EN 61010-1:1992

Unidades de medida:

Tablas de Información técnica

Medición de voltaje de CC			
gama	0-30.000V(parte superior de la pantalla)*1	0-24.000V(parte inferior de la pantalla)*2	0-90.000mV
resolución	0,001 V	0,001 V	0,001 mV
exactitud	0.1%+5	0.05%+5	0.05%+5
*1 y *2:La resistencia de entrada es mayor que 1MΩ			
Salida de voltaje de CC			
gama	0— 20.000V	0— 90.000mV	
resolución	0,001 V	0,001 mV	
exactitud	0.05%+5	0.05%+5	
Medición y salida milivoltio*1			
gama	-10.000mV—80.000mV		
resolución	0,001 mV		
exactitud	0.05%+5		
*1 Pulse TC(16) para seleccionar esta función. La señal está en el puerto TC de entrada/salida micro del termopar.			
Medición de corriente continua (miliamperio)			
gama	0— 24.000mA(partesuperior de la pantalla)*1	0—24.000mA(parteinferior de la pantalla)*2	
resolución	0,001 mA	0,001 mA	
exactitud	0.05%+5	0.05%+5	
Salida de corriente continua (miliamperio)			
gama	0— 24.000mA		
resolución	0,001 mA		
exactitud	0.05%+5		
SIMU(Simulación)Al emitir corriente, el voltaje externo es mayor que 12V, menos de 28V.			

SOUR(Fuente)Al emitir corriente, la capacidad de conducción de la señal es de 1000Ω en 20mA.			
Medición de resistencia			
Gama Ohm		0—400.00Ω	400.0—4000.0Ω
Precisión ±Ω	4 Hilos(4W)	0.02%+5	0.02%+5
	2 Hilos(2W)y 3 Hilos(3W)	0.05%+5	0.05%+5
Corriente de excitación:0.2mA。			
Voltaje de entrada máximo:30V。			
2 Wire:No incluya resistencia al alambre.			
3 alambre: Supongamos que para utilizar el cable de prueba emparejado, la resistencia total no puede ser mayor que 100Ω.			
Salida de resistencia			
gama	5.00Ω—400.00Ω		400.0—1500.0Ω
Corriente de excitación del instrumento de medición	0,15 mA-2 mA		0,05 mA-0,8 mA
Precisión ±Ω	0.05%+5		0.05%+5
resolución	0.1Ω		0.1Ω
Temperatura - Termopar			
tipo	gama	resolución	Precisión de medición y salida ±°C
S	-50,0°C a 0°C	0.1°C/0.1°F	°C 2
	°C 0 a °C 500.0	0.1°C/0.1°F	°C 1.5
	°C 500.0 a °C 1760.0	0.1°C/0.1°F	°C 1.3
R	-50,0°C a 0°C	0.1°C/0.1°F	°C 2
	°C 0 a °C 500.0	0.1°C/0.1°F	°C 1.5
	°C 500.0 a °C 1760.0	0.1°C/0.1°F	°C 1.3
B	°C 200 a °C 800	1°C/1°F	°C 2.5
	°C 800a °C 1800	1°C/1°F	°C 2.3
K	-200.0°C a 1370.0°C	0.1°C/0.1°F	°C 1.3
N	-200,0°C a 1300,0°C	0.1°C/0.1°F	°C 1.3
E	-200,0°C a 1000,0°C	0.1°C/0.1°F	°C 1
J	-200,0°C a 1200,0°C	0.1°C/0.1°F	°C 1
T	-200,0°C a 400,0°C	0.1°C/0.1°F	°C 1

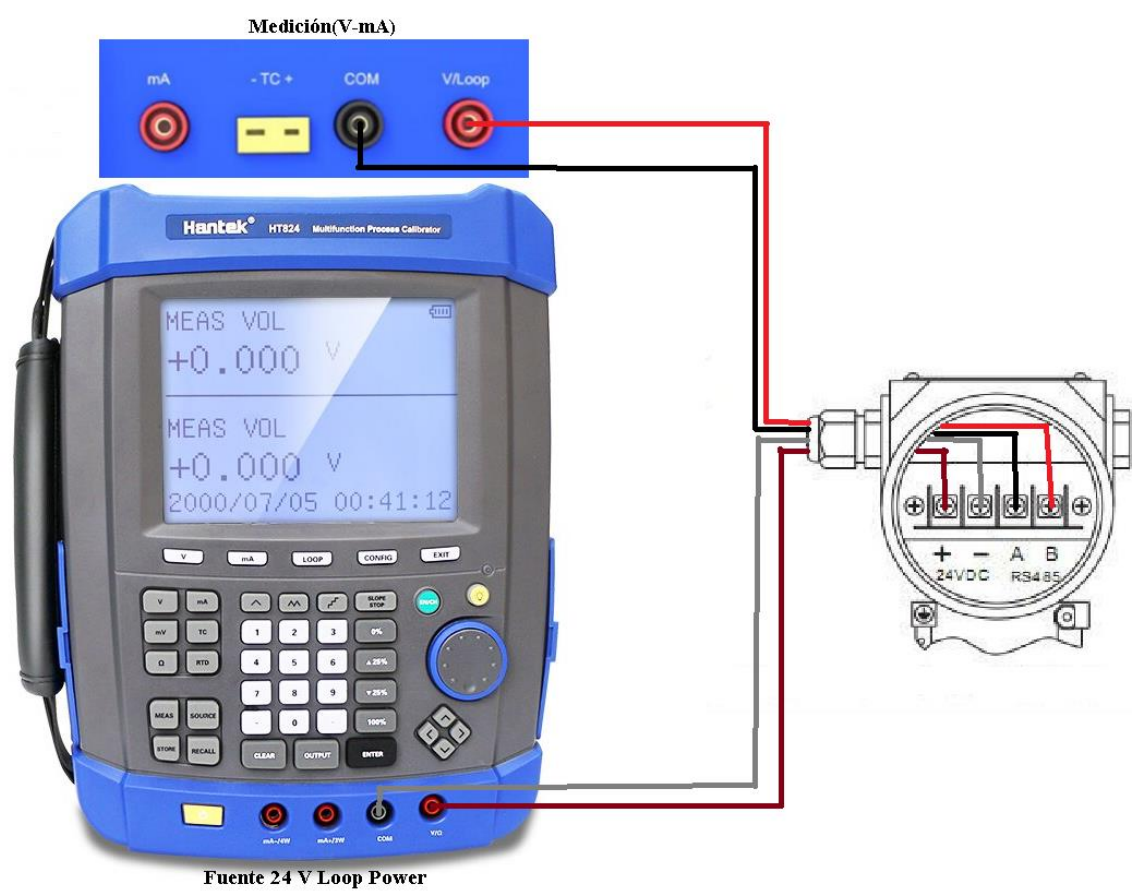
Termopar adopta ITS-90				
Si la compensación de la unión fría abierta, debe haber ±0.5°C adicionales				
Temperatura – Resistencia térmica				
tipo	gama	Precisión ±°C		
		Prueba de 4 hilos °C	Prueba de 2 hilos y 3 hilos °C	°C de salida
Pt100-385	-200,0°C-850,0°C	0.8°C	°C 1	0.8°C
Pt100-3926	-200,0°C-850,0°C	0.8°C	°C 1	0.8°C
Pt100-JIS	-200,0°C-850,0°C	0.8°C	°C 1	0.8°C
Pt200-385	-200,0°C-250,0°C	0.7°C	0.8°C	0.7°C
	°C 250.0-630.0°C	°C 1.3	2.1°C	°C 1.3
Pt500-385	-200,0°C-500,0°C	0.8°C	1.1°C	0.8°C
	500,0°C—630,0°C	°C 1	°C 1.5	°C 1
Pt1000-385	-200,0°C-100,0°C	0.7°C	0.7°C	0.8°C
	°C 100.0-630.0°C	0.7°C	0.8°C	0.8°C
Cu100	-50,0°C-150,0°C	°C 1	1.2°C	°C 1
Cu50	-50,0°C-150,0°C	°C 1	1.2°C	°C 1
Resolución: 0.1°C, 0.1°F				
Corriente de excitación permitida (salida): Pt100-385, Pt100-392, Pt100-JIS, Pt200-385:0.15 a 3.0 mA				
Pt500-385:0.05 a 0.80mA; Pt1000-385:0.05 a 0.40mA				
2 Wire: No incluya resistencia al alambre.				
3 alambre: Supongamos que, para utilizar el cable de prueba emparejado, la resistencia total no puede ser mayor que 100Ω.				

Fuente de tablas: <https://www.tienda.hantek.es/calibradores-de-proceso/74-hantek-ht824-calibrador-de-procesos.html>

Soporte Técnico: Cuenta con un soporte técnico limitado dado la procedencia del calibrador ya que es de china, comprándose de forma directa a la empresa se ofrece una garantía pero en materia de reparaciones o calibraciones no se especifica información, aunque cuenta con un servicio de consulta post venta.

Conexionado:

Figura III.6: Conexionado Hantek HT824



Fuente: Imagen referencial de Hantek modificada

3.- Emerson Field Communicator 475

Figura III.7: Field Communicator 475



Fuente: <https://www.emerson.com/es-es/automation/asset-management/field-device-management/field-communicators/475-field-communicator>

Precio: 4.000.000 variable

Descripción: Dispositivo HandHeld desarrollado por Emerson ampliamente utilizado en el sector industrial, cuenta con soporte HART además de soporte Fieldbus communication.

Ejecute diagnósticos de válvulas en el campo con la aplicación ValveLink Mobile. Puede realizar pruebas rápidamente, entre ellas firma de válvulas, banda de error dinámica, barrida PD con un solo botón y respuesta por pasos en controladores de válvulas digitales FIELDVUE HART y Foundation Fieldbus de Fisher. Diagnostique problemas en el campo o transfiera los resultados a un sistema de gestión de activos como el AMS Suite para un análisis profundo y documentado.

Durabilidad: Cuenta con una batería de 8 horas y más de duración

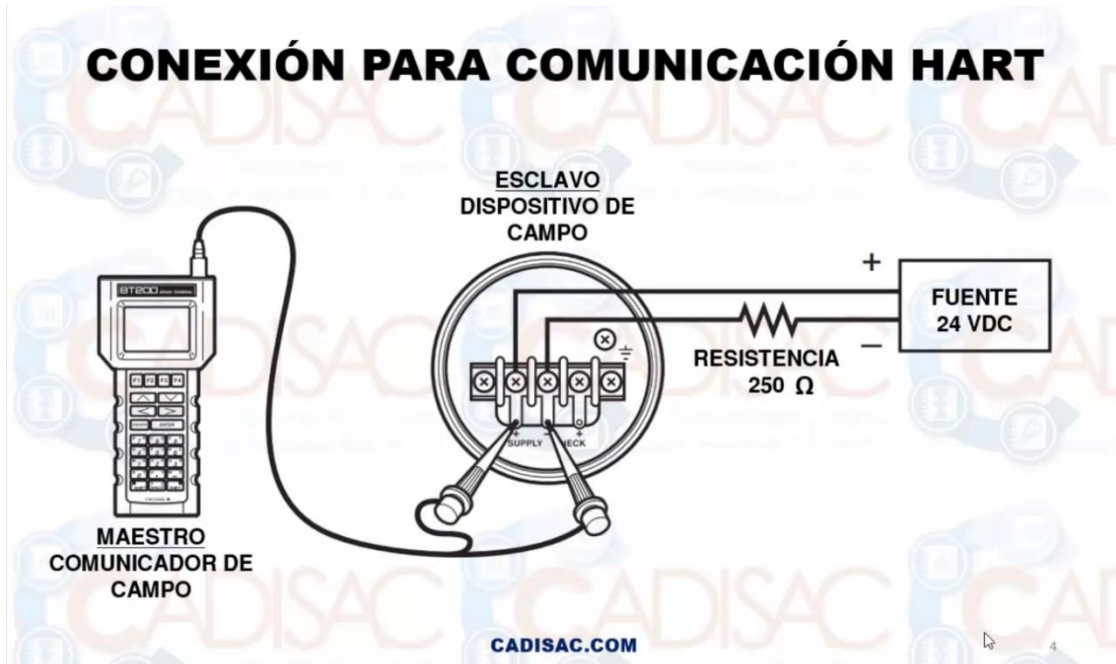
Resistencia Ambiental: Cuenta con certificación IP54, por ende, resistente al agua y al polvo.

Unidades de medida:

Soporte Técnico: Soporte técnico expirado, siendo este dispositivo reemplazado por el AMS Trex Device, el soporte técnico ya no está disponible para este dispositivo.

Conexionado:

Figura III.8: Conexionado Field Communicater 475



Fuente: <https://www.emerson.com/es-es/automation/asset-management/field-device-management/field-communicators/475-field-communicator>

4.- AMS Trex Device Communicator

Figura III.9: AMS Trex Device Communicator



Fuente: <https://www.emerson.com/es-es/automation/asset-management/field-device-management/field-communicators/ams-trex-device-communicator>

Precio: 6.500.000 variable

Descripción: En reemplazo del dispositivo anterior de Emerson el Comunicador de campo 475 que ya dejó de tener soporte Emerson se renueva con este comunicador de campo, tiene Soporte Hart y además Wireless Hart.

Durabilidad: Cuenta con una batería de 8 horas y más de duración

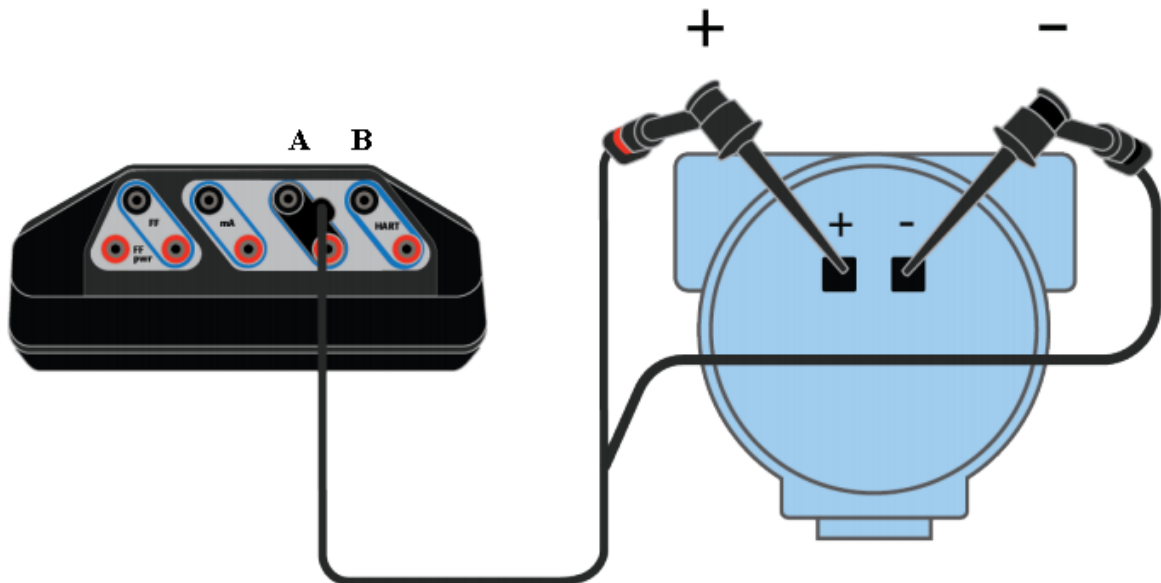
Resistencia Ambiental: Cuenta con certificación IP54 por ende, resistente al agua y al polvo.

Unidades de medida:

Soporte Técnico: El soporte técnico es inmediato y cubre todo lo que se necesite, calibraciones, garantía, consultas, reparación, al ser un dispositivo de última generación.

Conexionado:

Figura III.10: Conexionado AMS Trex Device Communicator



Fuente: <https://www.emerson.com/documents/automation/user-guide-ams-trex-device-communicator-ams-en-us-171738.pdf>

A: Conexión con energía proporcionado por el calibrador

B: Conexión con fuente de energía externa

5.-Beamex MC6

Figura III.11: Beamex MC6



Fuente: <https://www.beamex.com/es/calibradores/beamex-mc6/>

Precio: 19.000.000 CLP

Descripción: El calibrador Beamex MC6 es la opción mas moderna en cuanto a calibradores se refiere, este ya es parte de algunas industrias de la zona como Indura y Celulosa Arauco ya poseen uno de estos equipos.

Durabilidad: Cuenta con una batería de hasta 10 horas en máximo consumo y 16 en consumo óptimo.

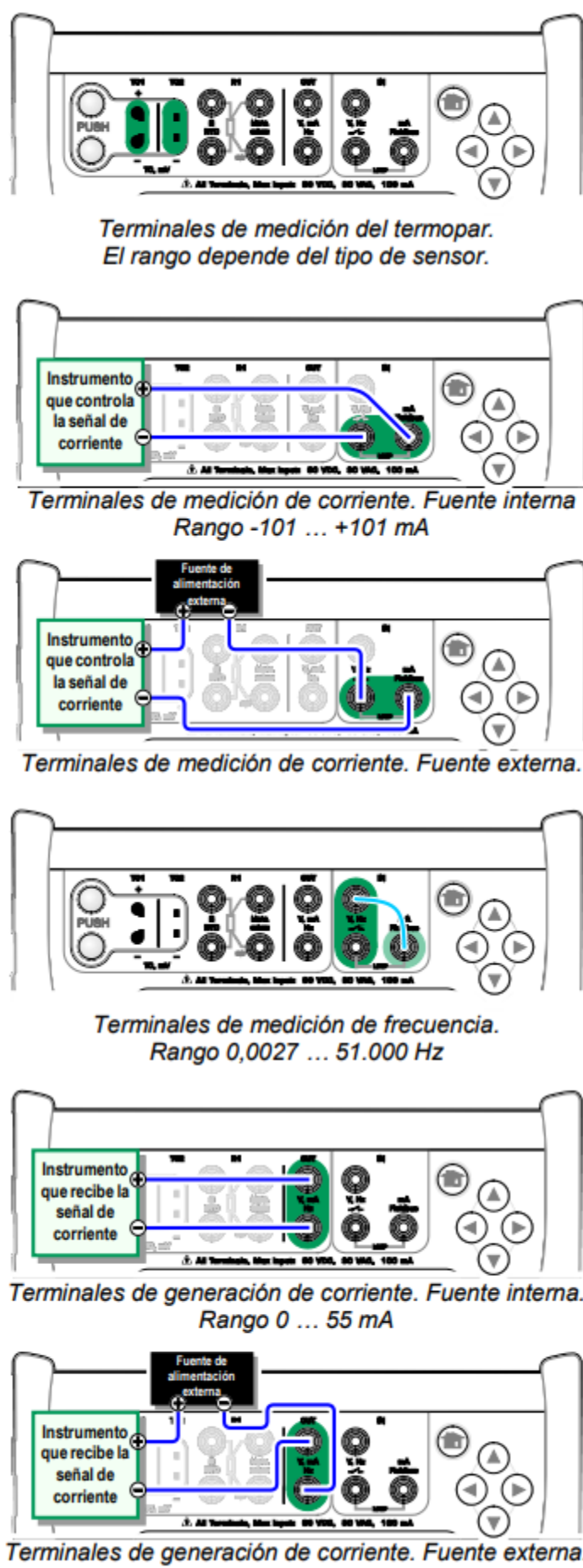
Resistencia ambiental: El MC6 dispone caja o carcasa de protección IP65 a prueba de agua y polvo. Los materiales de la caja del MC6 son resistentes en condiciones industriales normales. El MC6 soporta los golpes gracias a los protectores contra impactos que se han instalado. Los módulos internos de presión con un rango de medición de 6 bar (90 psi) o menos están protegidos contra sobrepresiones. Si la presión de medición de un módulo de presión excede el valor máximo del módulo, el protector contra sobrepresiones, o válvula de seguridad, da salida al exceso de presión a través de un orificio ubicado en la parte trasera de la caja.

Unidades de Medida: Dispone de todas las unidades de medida y estas pueden ser asignadas a diferentes perfiles de usuario.

Soporte Técnico: Cuanta con un soporte técnico completo que se divide en distintas categorías: recalibración y reparación de equipos, plan de mantenimiento, implementación, migración y soporte, y una formación en el uso de los equipos.

Conexionado:

Figura III.12: Conexionado Beamex MC6



Fuente: <https://www.beamex.com/wp-content/uploads/2016/10/MC6-Manual-de-usuario.pdf>

Capitulo IV: Conclusión y Bibliografía

Conclusión

La idea original era buscar un calibrador que funcionara para los protocolos HART y Profibus PA, debido a que en una primera búsqueda no se encontró un equipo con esa característica, se optó por dos calibradores, uno para cada protocolo, sin embargo, la búsqueda dio frutos al encontrar una marca que ofrece un calibrador que satisface la idea original. El punto no tan satisfactorio de este equipo radica en el alto precio de este. Por lo tanto, la única opción es el Calibrador Beamex MC6 el cual no por ser la única opción signifique que sea un mal equipo, al contrario, es el mejor equipo en la actualidad y esto se puede comprobar al ser la preferencia de las industrias.

A pesar de tener un valor superior a los demás equipos esto es compensado al destacar por sobre los demás en todos los criterios de evaluación como versatilidad al momento de calibrar, medir, recopilación de datos, soporte y vida útil.

Lamentablemente para el protocolo Profibus PA no existe otra marca compatible en el mercado actual, esperamos que la recopilación de información beneficie a la universidad a tener una noción sobre los calibradores de lazo para el sistema DCS del laboratorio.

Bibliografía

- Aula 21. (2019). *Que es un bus de campo y para que sirve* . Obtenido de <https://www.cursosaula21.com/que-es-un-bus-de-campo/>
- Aula21. (s.f.). *Profibus que es y como funciona*. Obtenido de <https://www.cursosaula21.com/que-es-profibus/>
- Beamex. (s.f.). *Beamex MC6*. Obtenido de <https://www.beamex.com/es/calibradores/beamex-mc6/>
- Emerson. (s.f.). *Comunicador de campo 475*. Obtenido de <https://www.emerson.com/es-es/automation/asset-management/field-device-management/field-communicators/475-field-communicator>
- Emerson. (s.f.). *Comunicador de dispositivos AMS Trex*. Obtenido de <https://www.emerson.com/es-es/automation/asset-management/field-device-management/field-communicators/ams-trex-device-communicator>
- FieldCommGroup. (s.f.). *Hart Communication Protocol*. Obtenido de HART - DIGITAL TRANSFORMATION FOR ANALOG INSTRUMENTS: <https://www.fieldcommgroup.org/technologies/hart>
- Fluke . (s.f.). *Calibrador y documentador de procesos Fluke 754 con soporte HART*. Obtenido de <https://www.fluke.com/es-cl/producto/herramientas-de-calibracion/calibradores-multifuncion/fluke-754>
- González, I. (2018). *predictiva21*. Obtenido de <https://predictiva21.com/industria-protocolos-comunicacion/>
- Gorenberg, A. (Diciembre de 2003). *ElectroIndustria* . Obtenido de Redes industriales PROFIBUS: <http://www.emb.cl/electroindustria/articulo.mvc?xid=107>
- HANTEK iberica. (s.f.). *Hantek HT824 Calibrador de Procesos*. Obtenido de <https://www.tienda.hantek.es/calibradores-de-proceso/74-hantek-ht824-calibrador-de-procesos.html>
- Itesa Educacion Mexico. (2016). *Itesa*. Obtenido de <https://www.itsa.edu.mx/netacad/networks/course/module1/1.1.2.1/1.1.2.1.html>
- KLOP. (2020). *Atec Energy Blog* . Obtenido de Piramice CIM de Automatizacion Industrial: <https://www.blog.atec-energy.com/2019/04/piramide-de-automatizacion-cim.html>
- Martinez, S. E. (s.f.). *FemtoCal*. Obtenido de Calibrador de lazo : <https://www.femto-calibracion.es/calibrador-de-lazo/>
- Universidad de Carabobo. (s.f.). *UcEdu*. Obtenido de Protocolo de comunicacion Hart: <https://instrumentacionuc.wixsite.com/facultad-ingenieria/copia-de-p-comunicacion>
- Wikipedia. (2021). *Modelo OSI*. Obtenido de https://es.wikipedia.org/wiki/Modelo_OSI